



PATENT
0020-4666P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Fumihiro KONUSHI et al.
Application No.: 09/492,803 Group: Not Assigned
Filed: January 28, 2000 Examiner: Not Assigned
For: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND METHOD
OF MANUFACTURING SAME

LETTER

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

March 28, 2000

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
Japan	11-367043	December 24, 1999
Japan	11-021036	January 29, 1999

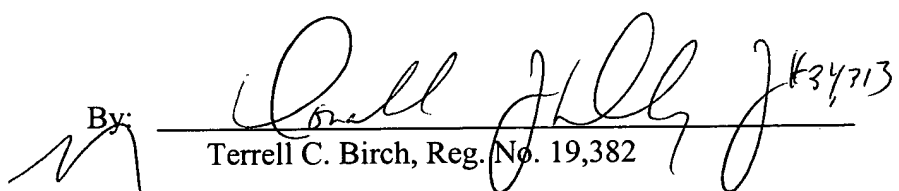
A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By:


Terrell C. Birch, Reg. No. 19,382

TCB/DJD:kna
0020-4666P
Attachment

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/492,803
20-4666P-#5
SEMICONDUCTOR LASER
DEVICE AND METHOD OF
MANUFACTURING SAME
BIRCH, STEWART, KOLASCH
+ BIRCH 703-205-8000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年12月24日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第367043号

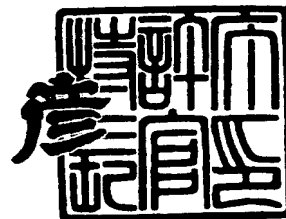
出願人
Applicant(s):

シャープ株式会社

2000年 1月28日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3001410

【書類名】 特許願

【整理番号】 169157

【提出日】 平成11年12月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

 【氏名】 厚主 文弘

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

 【氏名】 大久保 伸洋

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

 【氏名】 川戸 伸一

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100062144

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

 【識別番号】 100084146

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山崎 宏

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第 21036号

【出願日】 平成11年 1月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003079

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 対のクラッド層に挟まれた量子井戸活性層と、前記クラッド層の少なくとも一方と、量子井戸活性層との間に配置された光ガイド層とを備えた半導体レーザ素子において、

前記光ガイド層と前記少なくとも一方のクラッド層との間に、アンドープのスペーサ層を設けてなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 前記スペーサ層は、光ガイド層と p 型クラッド層との間に形成され、その層厚が 5 nm 以上 10 nm 未満であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記 p 型クラッド層は、そのキャリア濃度が、 $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 4】 前記スペーサ層は、p 型の導電性を有すると共に、前記光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記スペーサ層は、その組成が前記 p 型クラッド層と等しいか又は p 型クラッド層よりもバンドギャップが大きくてなることを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 MOCVD 法にて、n 型基板上に、順次 n 型ドーパバッファ層、n 型ドーパクラッド層、第 1 のアンドープ光ガイド層、アンドープ量子井戸活性層、第 2 のアンドープ光ガイド層、p 型ドーパクラッド層、p 型ドーパキャップ層を形成してなる半導体レーザ素子の製造方法において、

前記第 2 のアンドープ光ガイド層と p 型ドーパクラッド層の間に、アンドープのスペーサ層を形成してなることを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 7】 前記アンドープスペーサ層は、5 nm 以上 10 nm 未満の層厚で形成されてなることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 8】 前記各層を MOCVD 法によって形成し、MOCVD 成長条件として、成長温度が 650℃以上 800℃以下であり、V 族原料の供給量対 II 族原料の供給量との比が 50 以上 200 以下であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスク用や光通信用などに用いられる半導体レーザ、並びにその製造方法に関し、特に良好な持性を有し、かつ信頼性の優れた量子井戸活性層を備えた半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、CD-R/RW や DVD-R/RW に代表される光ディスクへの情報書込において書込スピードを向上させる為、100mW 級の半導体レーザの出現が期待されている。

【0003】

半導体レーザの高出力化とその信頼性確保に対する課題は、端面劣化の抑制並びに低電流化の実現であり、これら課題に対して活性層を量子井戸とする構造がその利得特性で優れている点からバルク活性層の構造よりも有利である。

【0004】

従来の活性層を量子井戸とした半導体レーザ素子の構造断面図を図 7 に示す。
n 型基板 701 上に、Si ドープ n 型バッファ層 702、Si ドープ n 型クラッド層 703、アンドープ光ガイド層 704、アンドープ量子井戸活性層 705、アンドープ光ガイド層 706、Zn ドープ p 型クラッド層 707、Zn ドープ p 型キャップ層 708 が形成された後、リッジストライプ状に Zn ドープ p 型キャップ層 708 と Zn ドープ p 型クラッド層 707 が加工され、リッジストライプの側面を Si ドープ型ブロック層 709 で埋め込まれる。さらに、Zn ドープ p 型コンタクト層 710 が形成されて半導体レーザ素子が構成される。また、711 は導波路内の光分布を示している。

【0005】

ここで、量子井戸活性層 705 の上下両側に形成される光ガイド層 704 と 706 は、量子井戸活性層 705 への良好な光閉じ込めを実現し、且つ p 型クラッド層 707 及び n 型クラッド層 703 から量子井戸活性層 705 への不純物拡散を防止するために形成されている。

【0006】

一般にバルク活性層の半導体レーザ素子の場合、活性層に不純物が拡散すると活性層中に光キャリアの再結合中心となる結晶欠陥が形成され、素子特性が低下し、また、不純物は素子動作中にも容易に拡散し、その結果素子寿命が低下するという問題があった。特に p 型のドーピング材料として用いられる Zn は膜中の拡散速度が速く、活性層が p 型となってリモートジャンクションになっている場合が多い。この様な問題点を解決する為、活性層と p 型クラッド層の間にアンドープ又は反対の導電型 (n 型) 層を形成したり、拡散速度の小さい異なる組成の層を形成することによって、Zn 拡散を防止する試みがなされている。

【0007】

これに対して、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子では、量子井戸の両側に形成するアンドープの光ガイド層が量子井戸層への不純物拡散を防止する役割も兼ね備えている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、発明者らは量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子で、本来量子井戸層への不純物拡散を防止する役割の光ガイド層へも不純物が拡散することによって、素子特性が低下することを確認した。特に $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物がクラッド層から光ガイド層へ拡散すると閾値電流が上昇し、信頼性が低下することがわかった。これは、図 7 に示した様に活性層が量子井戸の場合、導波路内の光分布 711 としては、ガイド層内に分布している割合が大きくなる為、ガイド層内に拡散したドーパントによって形成される欠陥がガイド層に分布した光の再結合中心となることで素子の特性劣化を招いたものである。また、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量とその拡散距離は、クラッド層のドー

ピング濃度及び製造条件に依存することもわかった。

【0009】

本発明の目的は、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子においてアンドープ光ガイド層への不純物の拡散を防止することによって、高出力で信頼性の良好な半導体レーザ素子の構造とその製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

以上の問題を解決するため、本発明（請求項1）の半導体レーザ素子では、1対のクラッド層に挟まれた量子井戸活性層と、前記クラッド層の少なくとも一方と、量子井戸活性層との間に配置された光ガイド層とを備えた半導体レーザ素子において、光ガイド層とクラッド層の間に薄いアンドープのスペーサ層を形成し、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止するものであり、高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られる。

【0011】

また、本発明（請求項2）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することを特徴とするものであり、5nmよりも薄くなると光ガイド層への不純物拡散防止が不十分になり、素子特性並びに信頼性が劣化し、また10nm以上に厚くなるとキャリア濃度低下による電子障壁が低下して、半導体レーザ素子の温度特性が低下してしまう。従って、スペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することで、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られるものである。

【0012】

また、本発明（請求項3）の半導体レーザ素子では、スペーサ層上に形成するpクラッド層のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲とすることを特徴とするものであり、pクラッド層のキャリア濃度が上記の範囲より高い場合には多くの不純物がガイド層へ拡散し、特性劣化が生じる。また少ない場合には素子の温度特性の低下や動作電圧が高くなるという問題が生じてしまう。

【0013】

また、本発明（請求項4）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層はp型の導電性を有し、スペーサ層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることを特徴とするものであり、スペーサ層がn型であるトリモートジャンクションになってしまい、また、スペーサ層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満では素子の温度特性の低下や動作電圧が高くなるという問題が生じ、さらに、ガイド層への不純物拡散が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上になると素子特性並びに信頼性が劣化してしまうため、上記範囲とする必要がある。

【0014】

また、本発明（請求項5）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層の組成はp型クラッド層と等しいか又はp型クラッド層よりもバンドギャップが大きいことを特徴とする半導体レーザ素子を提供するものであり、活性層への良好な光閉じ込めを行い、素子特性並びに光放射特性を良好に実現できる。

【0015】

また、本発明（請求項6、7）の半導体レーザ素子の製造方法では、気相成長法にてn型基板上に順次n型ドーパバッファ層、n型ドーブクラッド層、アンドーブ光ガイド層、アンドーブ量子井戸活性層、アンドーブ光ガイド層、p型ドーブクラッド層、p型ドーブキャップ層を形成してなる半導体レーザ素子の製造方法において、アンドーブ光ガイド層とp型ドーブクラッド層の間にアンドーブのスペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法を提供するものであり、スペーサ層をアンドーブとすることでp型の導電性確保とガイド層への不純物拡散を防止でき、気相成長方法によって、nmオーダーの層厚の制御性も可能とするものである。

【0016】

また、本発明（請求項8）の半導体レーザ素子の製造方法では、MOCVD（metal organic chemical vapor deposition: 有機金属気相成長）法を用い、その成長条件として、成長温度が650℃以上800℃以下であり、V族原料の供

給量対III族原料の供給量比が50以上200以下であることを特徴とするものであり、本条件によってクラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量およびその拡散距離を制御し、且つ良質の結晶性が確保できるため、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子を得ることが可能となる。

【0017】

以下、本発明の作用を記載する。

【0018】

一般に半導体レーザ素子の活性層に不純物が拡散すると活性層中に光キャリアの再結合中心となる結晶欠陥が形成され、素子特性が低下し、また、不純物は素子動作中にも容易に拡散し、その結果素子寿命が低下するという問題がある。特にp型のドーピング材料として用いられるZnは膜中の拡散速度が速く、活性層がp型となってリモートジャンクションになってしまう。

【0019】

量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子では、量子井戸の両側に形成するアンドープの光ガイド層が量子井戸層への不純物拡散を防止する役割も兼ね備えていたが、検討の結果、光ガイド層へも $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物がクラッド層からガイド層へ拡散すると閾値電流が上昇し、信頼性が低下することがわかった。これは、活性層が量子井戸構造で非常に薄い場合、導波路内の光はガイド層内に比較的大きな割合で分布している為、ガイド層内に拡散したドーパントによって形成される欠陥が光キャリアの再結合中心となり、素子の特性劣化を招くものと考えられる。つまり、活性層が量子井戸構造を有する半導体レーザでは、活性層ばかりでなくアンドープ光ガイド層へもZnが拡散すると特性劣化を招くことがわかった。この様な問題点に対して、光ガイド層とクラッド層の間に薄いスペーサ層を形成し、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止することによって、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られた。

【0020】

また、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量とその拡散距離は、クラッド層のドーピング濃度及び製造条件に依存するため、ドーピング濃度や層厚に

関わる素子構造設計と製造条件の最適化を行うことによって、高出力でしかも信頼性の良好な半導体レーザ素子の製造が可能となった。

【0021】

【発明の実施の形態】

＜実施例1＞

図1は実施例1の半導体レーザ素子の断面図である。これはリアルインデックスガイド型と呼ばれる構造で、MOCVD法でn型GaAs基板1（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）上にn型GaAsバッファ層2（ $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）、n型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 下クラッド層3（キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、アンドープ $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ 光ガイド層4（厚み30nm）、アンドープAlGaAs二重量子井戸層5（ウェル層8nm、バリア層5nm）、アンドープ $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ 光ガイド層6（厚み30nm）、アンドープ $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層7（厚み6nm）、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上第1クラッド層8（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ300nm設定）、エッチングストップ層9、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上第2クラッド層10（キャリア濃度 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1200nm設定）、p型GaAs層11（ $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ800nm設定）を形成する。

【0022】

その後、p型GaAs層11とp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上第2クラッド層10を2～2.5μm幅のストライプ状のリッジに加工する。さらにMOCVD法によって、p型GaAs層11とp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上第2クラッド層10からなるリッジの側面をn型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 電流ブロック層12（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ700nm）及びn型GaAs電流ブロック層13（キャリア濃度 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm）で埋め込んだ後、MOCVD法でp型GaAsコンタクト層14（ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）を形成する。

【0023】

最後に、上面にはp電極15、下面にはn電極16を形成後、共振器長が60

0 μ mになるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング ($R=10\% \sim 95\%$) し、さらにチップに分割して個別の素子にする。素子形成の成長条件は、III族原料としてTMG (トリメチルガリウム)、TMA (トリメチルアルミニウム)、V族原料としてAsH₃ (アルシン)、n型、p型の各ドーパント原料としてSiH₄ (シラン)、DEZ (ジエチルジンク) を用い、成長温度は750℃、成長圧力は76 Torr、V/III=120で行った。

【0024】

なお、比較のため、光ガイド層とpクラッド層の間にスペーサ層がない従来構造の素子も同時に試作した。試作した半導体レーザ素子の特性評価の結果、第1実施例の半導体レーザ素子(a)は室温での閾値電流が30 mA、85 mWでの動作電流が130 mAであり、60℃、85 mWのCWの信頼性試験においても2000時間以上に渡って安定に走行している。また、アンドープのスペーサ層7の組成をpクラッド層8、10と同じとした為、光放射特性はスペーサの有無で変化はなく、所望の特性 ($\theta_{\perp}=9^{\circ}$ 、 $\theta_{\parallel}=22^{\circ}$) が得られた。

【0025】

これに対して、スペーサ層の無い従来素子(b)では室温での閾値電流が43 mAと、10 mA以上第1実施例の半導体レーザ素子(a)より増加し、60℃、85 mWの信頼性試験においては数時間で素子劣化してしまった。

【0026】

図2は、第1実施例の半導体レーザ素子(a)とスペーサ層の無い従来素子(b)における活性層近傍のドーピング不純物(Zn)原子の分布を示したものである。なお、ドーピングプロファイルはSIMS (secondary ion mass spectroscopy: 2次イオン質量分析法) によって測定した結果である。図2より、(a)、(b)いずれの素子においてもpクラッド層から活性層側へのZnの拡散が認められるが、従来の素子(b)では量子井戸層への拡散はないものの光ガイド層へ $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の拡散が認められる。これに対し、第1実施例の半導体レーザ素子(a)では、スペーサ層7でZn拡散が抑制され、光ガイド層6への拡散が $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に抑えられていることがわかる。

【0027】

図3は、pクラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度に対する素子の閾値電流と85mW時での動作電圧の変化をプロットしたものである。図3より、pクラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上で急激に閾値電流が増大し、また $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下で動作電圧が急激に増大していることがわかる。

【0028】

すなわち、上記の結果から光ガイド層へ不純物(Zn)が拡散することにより、半導体レーザ素子の特性、信頼性が劣化するのは明らかであり、光ガイド層への拡散してくるZn濃度としては、クラッド層と光ガイド層の界面で $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にする必要がある。好ましくはガイド層へのZn拡散はより少ない方が良く、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲が良い。したがって、光ガイド層6とpクラッド層8の間にアンドープの薄いスペーサ層7を設け、光ガイド層6への不純物の拡散を防止することによって、特性、信頼性の優れた半導体レーザ素子が得られた。

【0029】

ところで、スペーサ層7の層厚は光ガイド層6への不純物拡散を抑制するためには厚い方がよいが、逆に厚すぎると半導体レーザ素子の特性を劣化させてしまう。すなわち、厚すぎるとヘテロ界面でのクラッド層8側のキャリア濃度が低下することによってキャリア障壁が低下し、高温でのキャリアのオーバーフローが増加し、素子の温度特性の低下を招いてしまう。また、局部的ではあるが、抵抗値が増加し、動作電圧の増加を起こしてしまう。つまり、スペーサ層7の層厚は最適な値が存在する。

【0030】

図4に、pクラッド層のキャリア濃度が(a) $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、(b) $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、(c) $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の各場合におけるアンドープスペーサ層への不純物(Zn)の拡散プロファイルを示す。なお、スペーサ層は20nm形成している。上記の試作結果から光ガイド層への拡散してくるZn濃度としては $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にする必要があるため、図4より、キャリア濃度の高い(

c) $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の場合でもスペーサ層の層厚としては 8 nm 程度で良いことがわかる。また、スペーサ層の層厚が 5 nm 未満では p クラッド層のキャリア濃度が $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上になり、上記の条件を満たすことはできない。

【0031】

従つて、p クラッド層 8、10 のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲とし、スペーサ層 7 の層厚を 5 nm 以上 10 nm 未満とすることで、特性、信頼性の優れた半導体レーザ素子が再現性良く得られる。より好ましくは p クラッド層 8、10 のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲とし、スペーサ層 7 の層厚を 5 nm 以上 8 nm 以下の範囲とするのが良く、さらに最適値としては、p クラッド層 8、10 のキャリア濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、スペーサ層 7 の層厚が 6 nm であった。なお、本実施例では、MOCVD 法による製造例について述べたが、nm オーダーの層厚制御性が可能な MBE (molecular beam epitaxy: 分子線エピタキシャル成長) 法や MOMB E (metal organic MBE: 有機金属分子線エピタキシャル成長)、GSMBE (gas source MBE: ガスソース分子線エピタキシャル成長) 法のような気相成長法でも全く同じ効果がある。

【0032】

<実施例 2>

図 5 は実施例 2 の AlGaInP 系半導体レーザの断面図である。MOCVD 法で n 型 GaAs 基板 501 (キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 上に n 型 GaAs バッファ層 502 ($1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 500 nm 設定)、n 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ 下クラッド層 503 (キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 1000 nm 設定)、アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層 504 (厚み 35 nm)、アンドープ InAlGaP 多重量子井戸層 505 ($\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ ウェル層 7 nm と $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{P}$ 光バリア層 8 nm の 4 周期で構成)、アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層 506 (厚み 35 nm)、アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ スペーサ層 507 (厚み 8 nm)、p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ 上第 1 クラッド層 508 (キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 300 nm 設定)、エッ

チングストップ層 509、p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}$ P 上第 2 クラッド層 510 (キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 1000 nm 設定)、p 型 GaAs 層 511 ($4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 500 nm 設定) を形成する。

【0033】

その後、p 型 GaAs 層 511 と p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}$ P 上第 2 クラッド層 510 を 4~5 μm 幅のストライプ状のリッジに加工する。さらに MOCVD 法によって、p 型 GaAs 層 511 と p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}$ P 上第 2 クラッド層 510 からなるリッジの側面を n 型 GaAs 電流ブロック層 512 (キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 1200 nm) で埋め込んだ後、MOCVD 法で p 型 GaAs コンタクト層 513 ($4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 1000 nm 設定) を形成する。

【0034】

その後上面には p 電極 514、下面には n 電極 515 を形成後、共振器長が 800 μm になるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング ($R=10\%-95\%$) し、さらにチップに分割して個別の素子にする。素子製造における成長条件は、成長温度は 650℃、成長圧力は 76 Torr、 $V/\text{III}=200$ で行い、III 族原料として TMG (トリメチルガリウム)、TMA (トリメチルアルミニウム)、TMIn (トリメチルインジウム) V 族原料として PH_3 (ホスフィン) または TBP (ターシャリーブチルホスフィン)、n 型、p 型の各ドーパント原料として SiH_4 (シラン)、DEZ (ジエチルジンク) を用いた。

【0035】

試作した素子の特性は、所望の波長で発振していることからドーピング元素 (Zn、Si) の拡散による多重量子井戸層の無秩序がなく、さらに、光ガイド層への拡散も抑制されていることを確認した。試作した素子の特性は、室温での閾値電流が 45 mA、60℃、30 mW の信頼性試験においても 2000 時間以上に渡って安定走行と、良好な結果を得ることができた。

【0036】

<実施例 3>

図6は実施例3のInGaAs系歪量子井戸活性層を有する半導体レーザ素子の断面図を示したものである。MOCVD法でn型GaAs基板601（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）上にn型GaAsバッファ層602（ $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）、n型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 下クラッド層603（キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、アンドープInGaAsP光ガイド層604（厚み35nm）、アンドープ歪量子井戸層605（ $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ ウェル層7nmとInGaAsPバリア層20nmの2周期で構成）、アンドープInGaAsP光ガイド層606（厚み35nm）、アンドープ $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ スペース層607（厚み8nm）、p型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上第1クラッド層608（キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ300nm設定）、エッチングストップ層609、p型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上第2クラッド層610（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、p型GaAsコンタクト層611（ $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）を形成する。

【0037】

その後、p型GaAsコンタクト層611とp型 $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 上第2クラッド層610を2～3 μm 幅のストライプ状のリッジに加工する。その後、リッジ上面及び側面に SiO_2 膜612を形成し、ホトリソグラフィ法によってリッジ上面部のみ SiO_2 膜612を除去し、p型GaAsコンタクト層611を露出させる。その後、上面にはp電極613、下面にはn電極614を形成後、共振器長が800 μm になるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング（ $R=8\%-95\%$ ）し、さらにチップに分割して個別の素子にする。

【0038】

素子製造における成長条件は、成長温度がn型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ クラッド層503までの領域で750℃、光ガイド層504、506を含む歪量子井戸層505の領域で680℃、アンドープのスペース層507からpクラッド層508、510とコンタクト層513の領域で650℃とし、V/III比は、光ガイド層504、506を含む歪量子井戸層505の領域で200、それ以外で120と

した。成長圧力は 76 Torr で行った。これらの条件は、n 型クラッド層 503 と光ガイド層 504、506 を含む歪量子井戸層 505 の領域では、それぞれの組成の層における最適な温度、V/III 比で実施することで良質の結晶性を確保でき、また、p クラッド層 508 およびそれよりも上の層では、温度を下げることによって光ガイド層 506 への Zn 拡散を抑制することができた。

【0039】

なお、原料ガスは、III 族原料として TMG (トリメチルガリウム)、TMA (トリメチルアルミニウム)、TMIn (トリメチルインジウム)、V 族原料として AsH₃ (アルシン)、PH₃ (ホスフィン)、n 型、p 型の各ドーパント原料として SiH₄ (シラン)、DEZ (ジエチルジンク) を用いた。

【0040】

試作した素子の特性は閾値電流 30 mA、80℃、150 mW の信頼性試験においても、5000 時間以上に渡って安定に走行している。

【0041】

なお、上記各実施例においては、結晶成長にすべて MOCVD 法によるものを記載したが、nm オーダーの層厚制御が可能な MBE 法や MOMBE、GSMBE、ALE (atomic layer epitaxy: 原子層エピタキシー)、VPE (vapor phase epitaxy: 気相エピタキシー) 法のような気相成長法でも、すべて同様な効果がある。

【0042】

【発明の効果】

本発明は、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子において、光ガイド層とクラッド層の間に薄いアンドープのスペーサ層を設けることによって、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止できる為、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られる。また、クラッド層やスペーサ層のドーピング濃度や層厚に関わる素子構造設計と製造条件の最適化を行うことによって、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量およびその拡散距離を制御し、高出力でしかも信頼性の良好な半導体レーザ素子の製造が可能となった。特に、光ガイド層と、Zn をドーブした p 型のク

ラッド層との間に、このスペーサ層を設けることにより、好ましい結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施例 1 の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【図 2】

実施例 1 の半導体レーザ素子 (a) とスペーサ層の無い従来素子 (b) における活性層近傍のドーピング不純物 (Zn) 原子の分布を示す図である。

【図 3】

p クラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度に対する素子の閾値電流と 85 mW 時での動作電圧の変化を示す図である。

【図 4】

p クラッド層の各キャリア濃度におけるアンドープスペーサ層への不純物 (Zn) の拡散プロファイルである。

【図 5】

実施例 2 の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【図 6】

実施例 3 の半導体レーザ素子の構造断面である。

【図 7】

従来の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【符号の説明】

- 1 n 型 GaAs 基板
- 2 n 型 GaAs バッファ層
- 3 n 型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 下クラッド層
- 4 アンドープ $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$ 光ガイド層
- 5 アンドープ $AlGaAs$ 二重量子井戸層
- 6 アンドープ $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$ 光ガイド層
- 7 アンドープ $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ スペーサ層
- 8 p 型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 上第 1 クラッド層

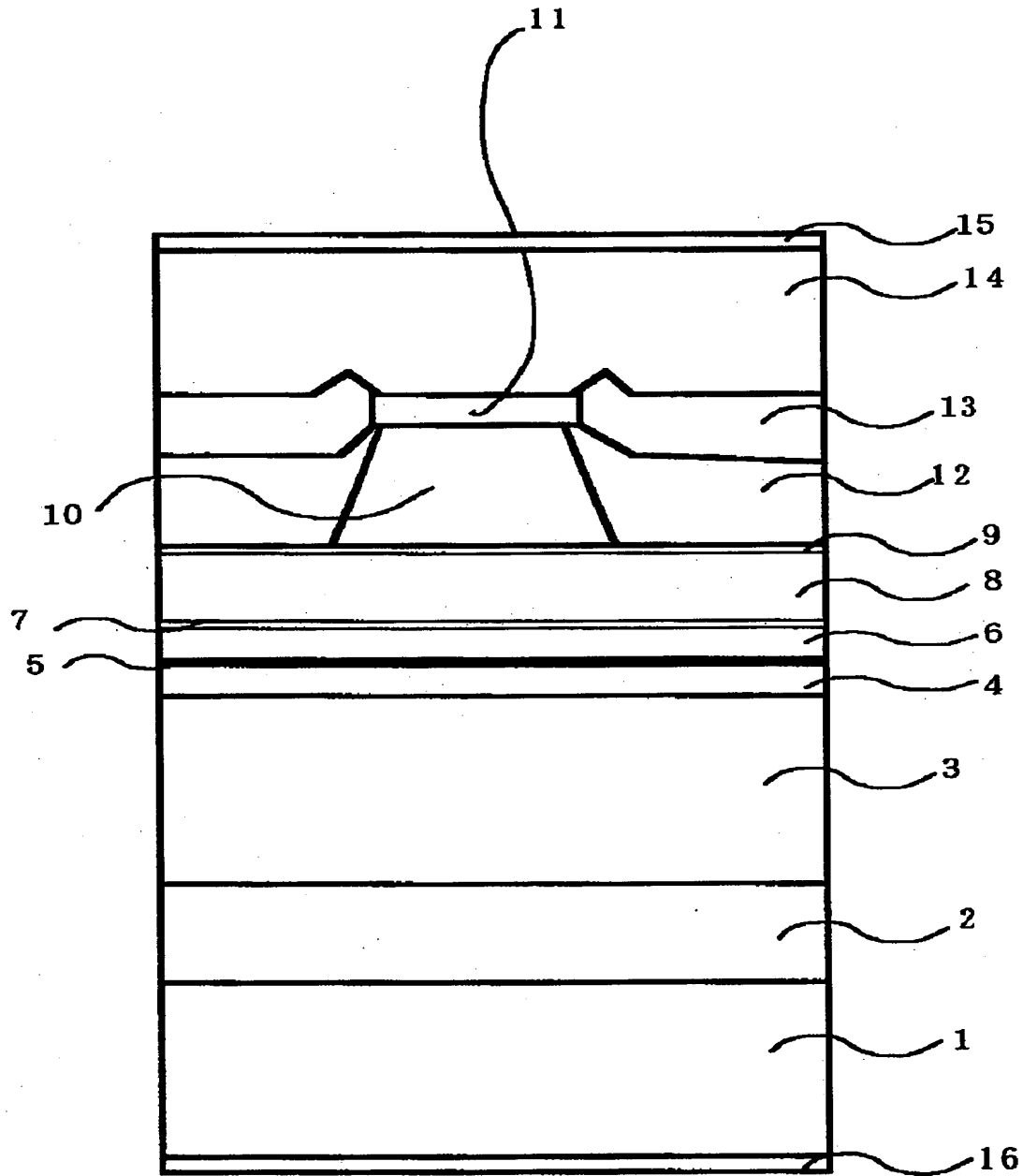
9 エッチングストップ層

- 10 p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上第2クラッド層
- 11 n型 GaAs 層
- 12 n型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 電流ブロック層
- 13 n型 GaAs 電流ブロック層
- 14 p型 GaAs コンタクト層
- 14 p電極
- 15 n電極
- 501 n型 GaAs 基板
- 502 n型 GaAs バッファ層
- 503 n型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ 下クラッド層
- 504 アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層
- 505 アンドープ InAlGaP 多重量子井戸層
- 506 アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層
- 507 アンドープ $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ スペース層
- 508 p型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ 上第1クラッド層
- 509 エッチングストップ層
- 510 p型 $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ 上第2クラッド層
- 511 p型 GaAs 層
- 512 n型 GaAs 電流ブロック層
- 513 p型 GaAs コンタクト層
- 514 p電極
- 515 n電極
- 601 n型 GaAs 基板
- 602 n型 GaAs バッファ層
- 603 n型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 下クラッド層
- 604 アンドープ InGaAsP 光ガイド層
- 605 アンドープ歪量子井戸層
- 606 アンドープ InGaAsP 光ガイド層

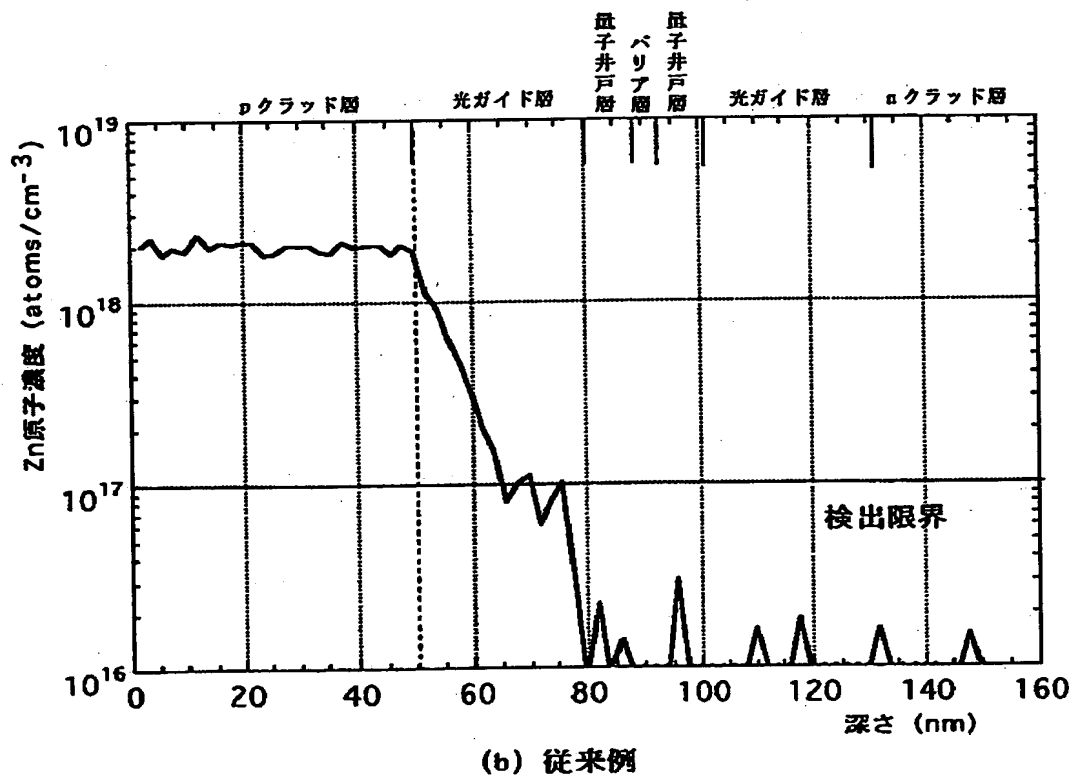
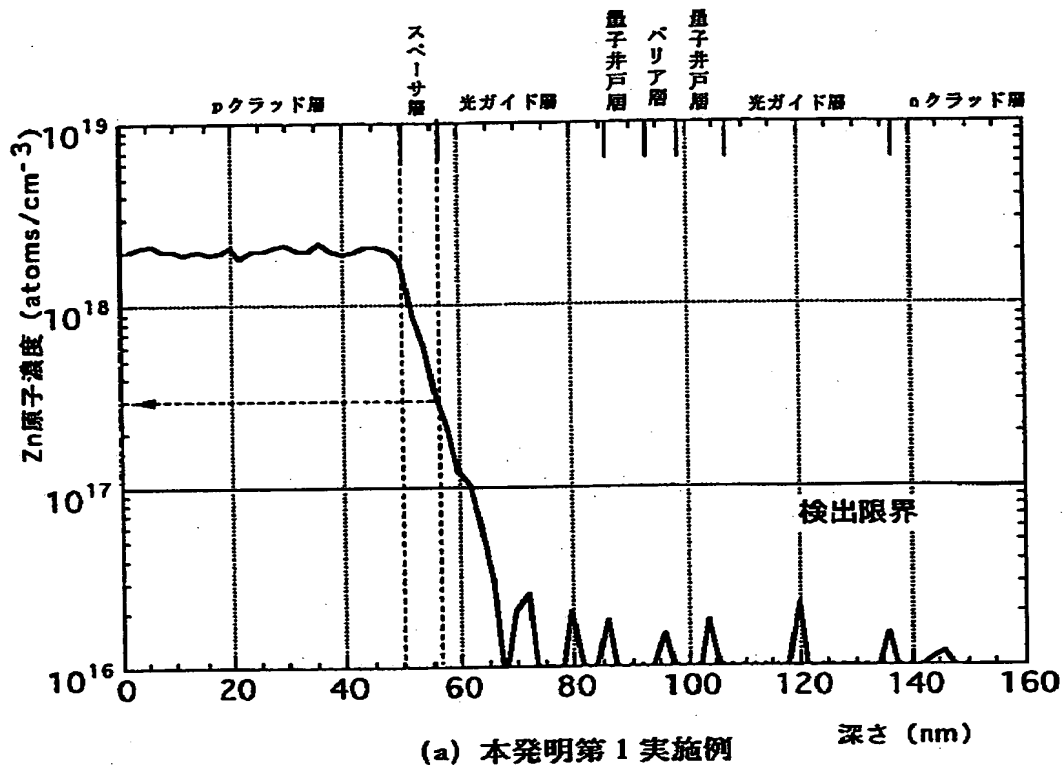
- 607 アンドープ $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ スペース層
- 608 p型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上第1クラッド層
- 609 エッチングストップ層
- 610 p型 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上第2クラッド層
- 611 p型 GaAs コンタクト層
- 612 SiO_2 膜
- 613 p電極
- 614 n電極
- 701 n型基板
- 702 Siドープ n型バッファ層
- 703 Siドープ n型クラッド層
- 704 アンドープ光ガイド層
- 705 アンドープ量子井戸活性層
- 706 アンドープ光ガイド層
- 707 Znドープ p型クラッド層
- 708 Znドープ p型キャップ層
- 709 Siドープ n型ブロック層
- 710 Znドープ p型コンタクト層
- 711 導波路内の光分布

【書類名】 図面

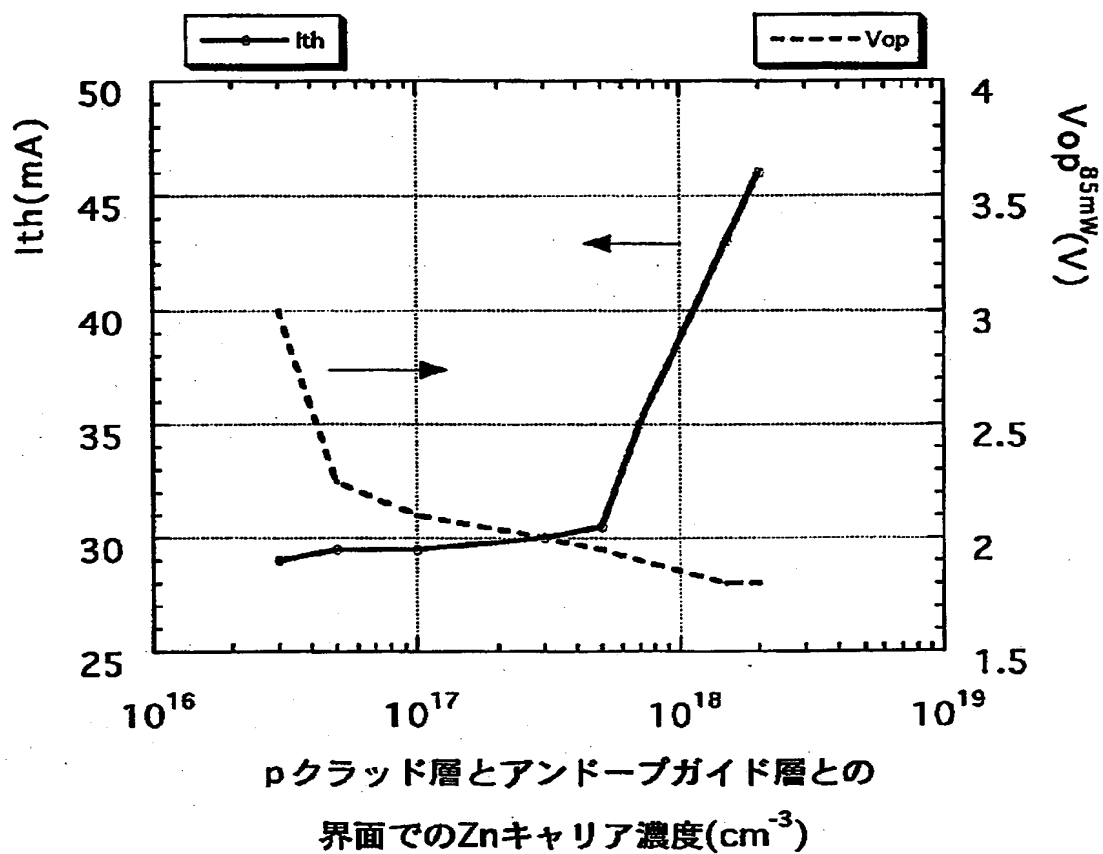
【図 1】



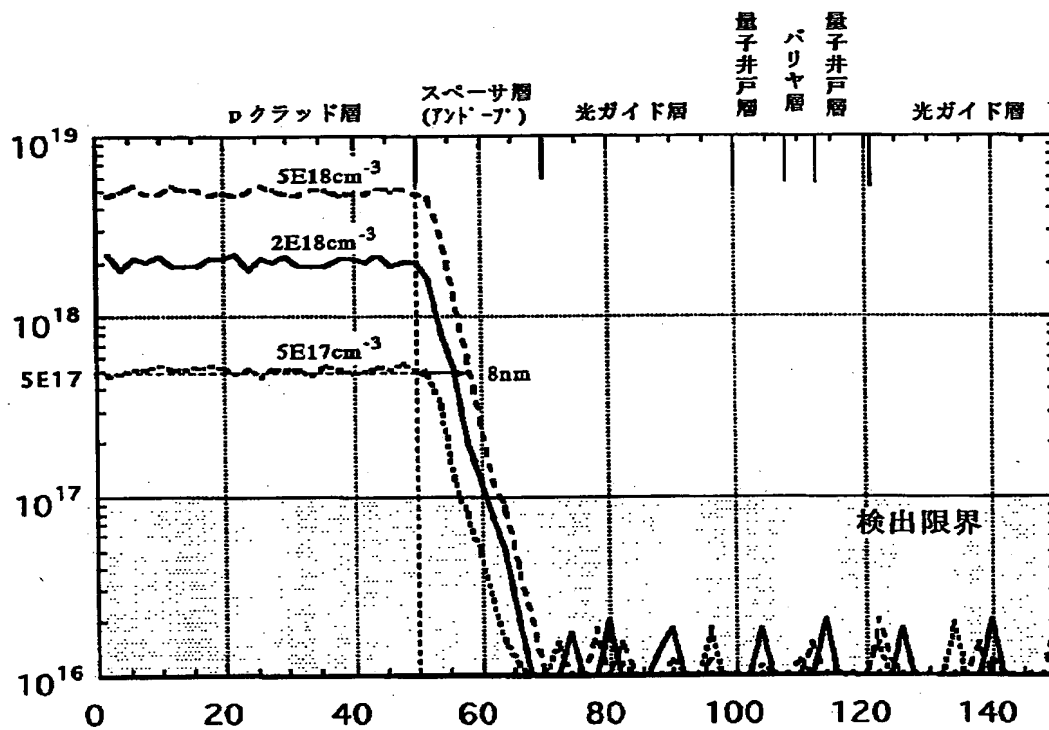
【図2】



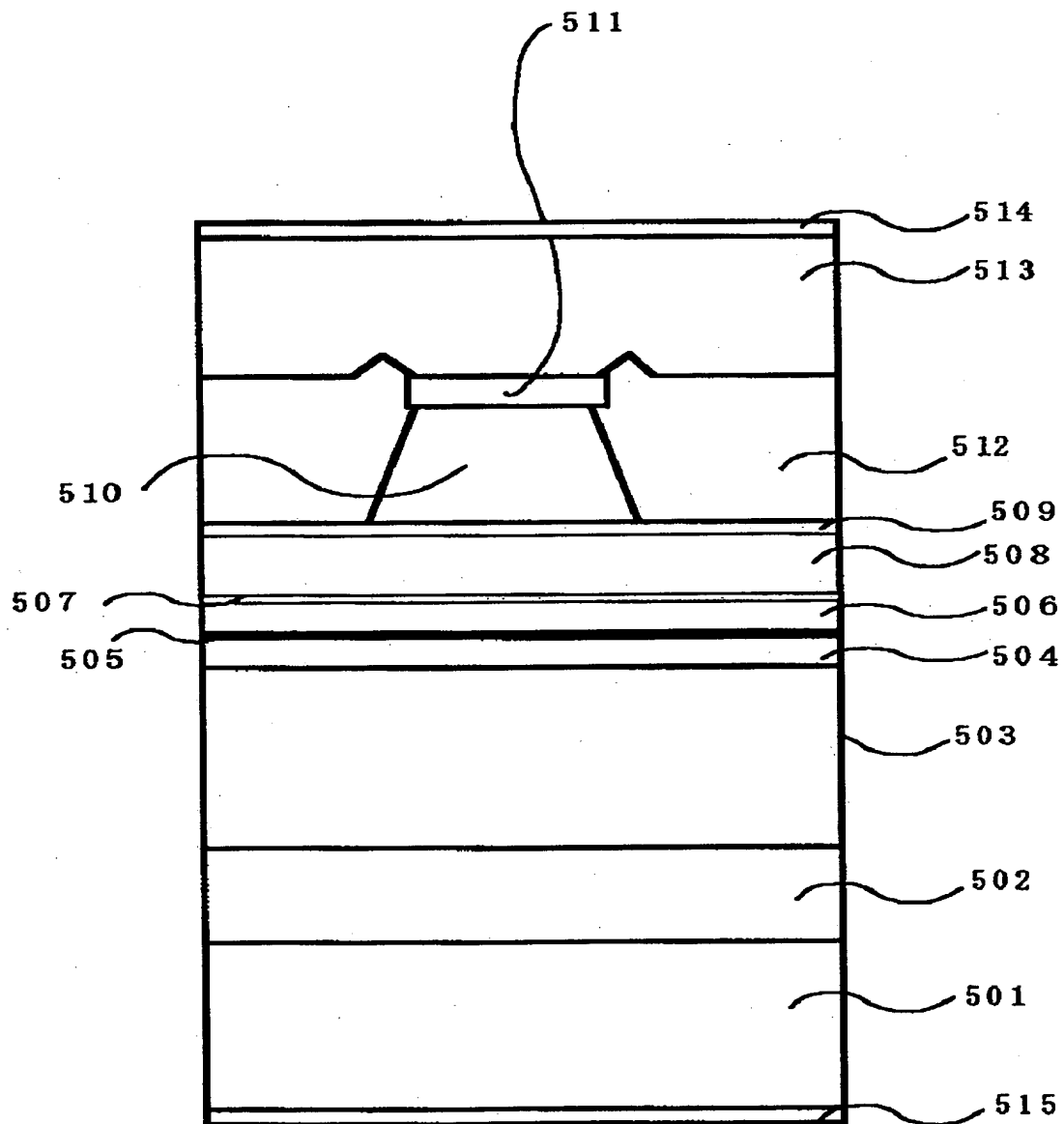
【図 3】



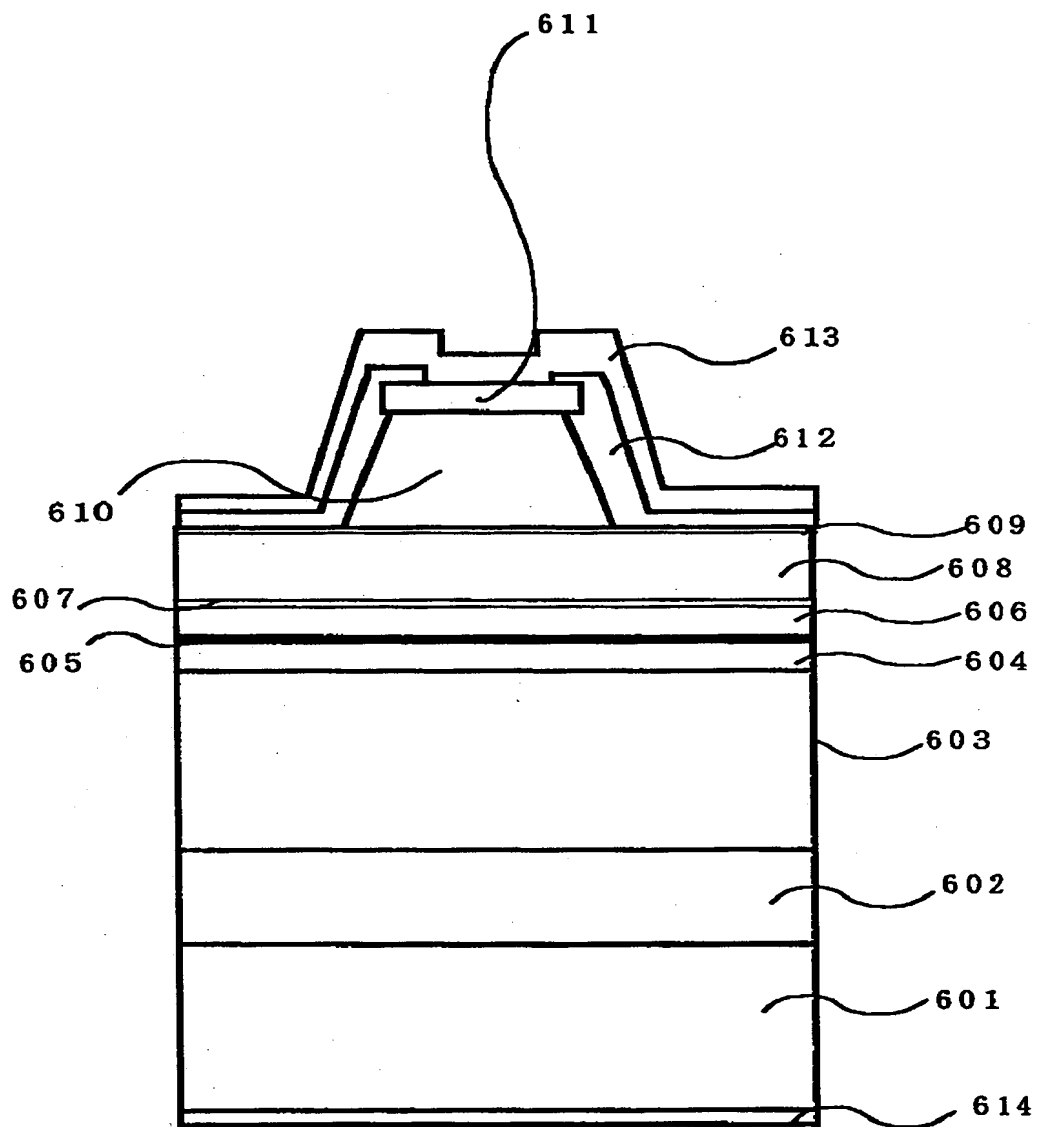
【図 4】



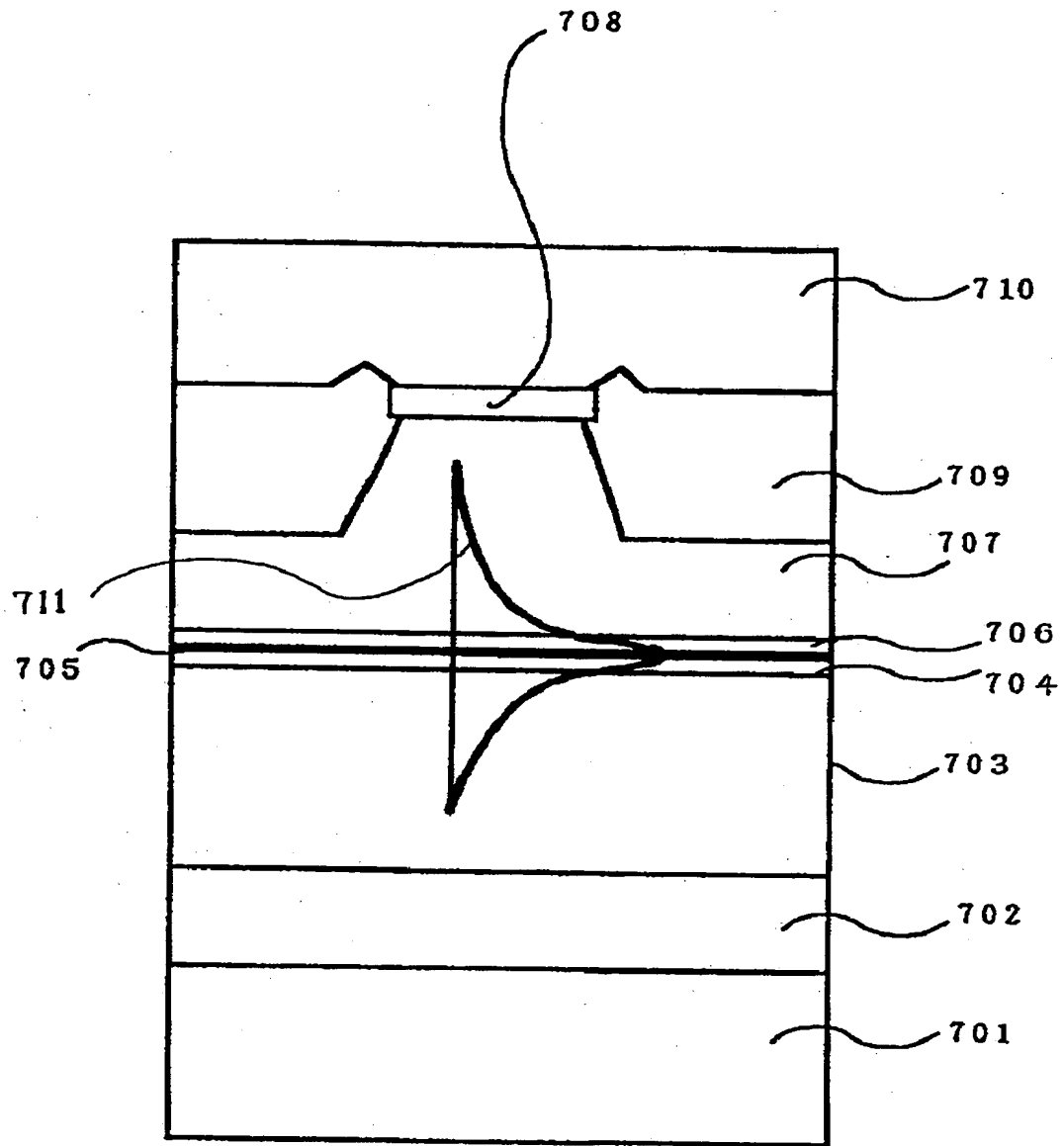
【図5】



【図 6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子においてアンドープ光ガイド層への不純物の拡散を防止することによって、高出力で信頼性の良好な半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 量子井戸を活性層 5 とする半導体レーザ素子において、ノン
ドープ光ガイド層 6 と p 型クラッド層 8 との間にアンドープの薄いスペーサ層 7
を設ける。スペーサ層 7 の層厚は好ましくは 5 nm 以上 1 0 nm 未満である。こ
のスペーサ層 7 が p 型クラッド層 8 から拡散してくる不純物を吸収するので、光
ガイド層 6 への不純物拡散が防止できる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社